

# ポリプロピレン繊維混入鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの耐火性

(株)大林組 正会員 北岡 隆司 正会員 ○屋代 勉  
 正会員 藤井 亜紀 正会員 川西 貴士  
 石川島建材工業(株) 正会員 小林 一博

## 1. はじめに

これまで止水性、耐久性および構造性能に優れる鋼繊維補強高流動コンクリートセグメント（以下、SFRC セグメント）に対して耐火試験を実施し、従来品（スランプタイプ）よりも爆裂抵抗性および加熱後の残存強度が高いことを確認している<sup>1)</sup>。今回は SFRC セグメントにポリプロピレン繊維（PP 繊維）を混入した実物大規模の試験体に対して耐火試験を実施し、爆裂抑制および耐火性能の向上に対して有効であることを確認したので、ここに報告する。

## 2. 試験方法

### 2.1 試験体概要

図-1 に試験体の概要図を示す。試験体は実物大規模の SFRC セグメントを想定した幅 800mm ×長さ 4700 mm ×高さ 500mm の試験体（試験体記号：SFRC+PP）とした。試験体には PC 鋼棒により 13N/mm<sup>2</sup> 相当の圧縮応力を導入した。図-2 に熱電対の位置を示す測点は各断面のコンクリート温度 8 点（加熱面と直角方向）、鉄筋温度 2 点とした。

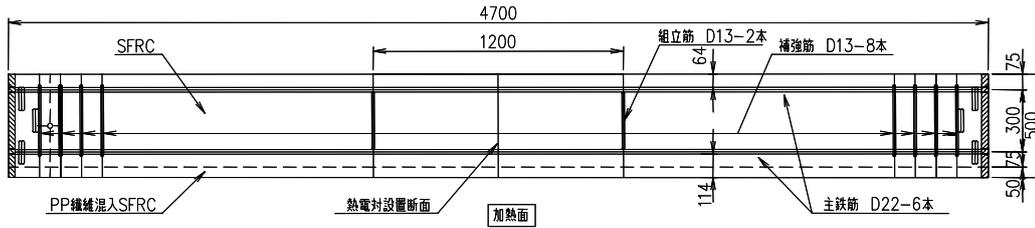


図-1 加熱試験体(SFRC)

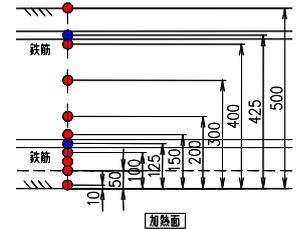


図-2 熱電対設置位置

表-1 に試験体のコンクリート配合を示す。本試験では鋼繊維混入量を 0.8vol%、PP 繊維混入量を 0.1vol% とした。また、従来品を想定したスランプタイプの試験体（試験体記号：N+PP）の配合を表-1 に合わせて示す。試験体 N+PP は後述する加熱時の試験体部材温度の比較に用いた。

表-1 コンクリート配合

試験体	スランプ フロー範囲 (cm)	空気量 範囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	水粉体比 W/(C+LP) (%)	細骨材率 (%)	鋼繊維 添加量 (vol%)	PP繊維 添加量 (vol%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
								水 W	セメント C	混和材 (石灰石微粉末) LP	細骨材 S	粗骨材 G	鋼繊維 SF	PP繊維 PP
SFRC+PP	60±5	3±1.5	42.7	31.3	65.0	0.8	0.1	175	410	150	1025	558	63	1
N+PP	12±5	4.5±1.5	30.0	30.0	54.7	-	0.3	160	533	-	908	751	-	3

### 2.2 耐火試験方法

加熱は(株)大林組技術研究所火災工学実験棟内の汎用水平耐火炉を用い、加熱曲線は図-3 に示すトンネル火災試験用 RABT 曲線（1200℃-60 分）とした。加熱時の測定項目は、炉内温度および試験体部材温度とした。加熱時の試験体表面状況は耐火炉内に設置した小型 CCD カメラにより確認した。また、加熱後にノギスにより爆裂深さを測定した。

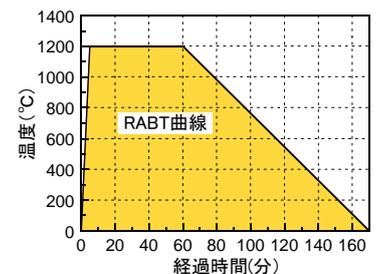


図-3 RABT 曲線

キーワード SFRC セグメント, PP 繊維, 耐火性能, 爆裂, 耐火試験

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 土木技術本部 技術第五部 TEL03-5769-1318

3. 試験結果および考察

3.1 表面状態の確認

図-4 に加熱後の試験体表面状況を、図-5 に爆裂深さの分布を示す。軽微な爆裂が炉内温度 700~800℃の間に数回生じ、すぐに収束した。爆裂の発生した箇所は加熱範囲のごく一部分であり、爆裂深さの最大値は 15mm、爆裂部平均値は 6.0mm であった。PP 繊維を混入しない SFRC セグメントの場合には、爆裂が連続的に加熱面全周で発生すること、また最大爆裂深さが 107mm まで達することから、PP 繊維の混入により RABT 曲線の加熱においても部分的な剥離程度に抑制できるといえる。

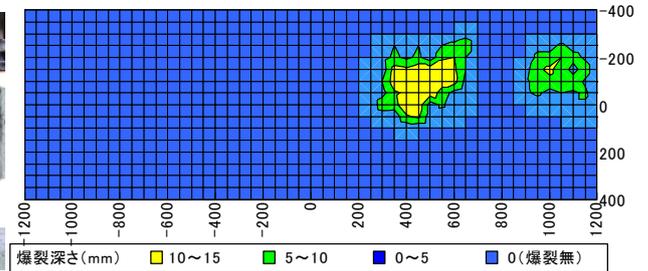


図-4 加熱後の試験体

図-5 爆裂深さの分布

加熱後爆裂深さ 爆裂部平均 6.0mm 爆裂部最大 15mm

3.2 試験体部材温度

図-6 に炉内温度、コンクリート温度および鉄筋の温度履歴を、図-7 に各測点の最高温度と加熱面からの距離との関係を示す。また、従来品を想定したスランプタイプの試験体の耐火試験結果を合わせて図-7 に示す。両試験体ともにコンクリートの最高温度は加熱面から離れるほど低くなり、鉄筋の最高温度は加熱面から同じ距離にあるコンクリート温度と同程度であった。

コンクリート強度および鉄筋強度が加熱により急激に低下する温度はそれぞれ 350℃、300℃とされていることから、今回の PP 混入 SFRC セグメントのような軽微な爆裂の場合、コンクリートは加熱面より 50mm 以深において、鉄筋は純かぶり 60mm 以上において強度的に健全であるとみなせる。一方、PP 混入の従来品で健全とみなせる範囲は、コンクリートは加熱面より 80mm 以深、鉄筋は純かぶり 90mm 以上である。

セグメント設計時には爆裂深さを考慮して鉄筋純かぶりを設定することにより、トンネル火災時においても内面側の鉄筋が健全な状態を維持できるため、コンクリート劣化部分を補修すればトンネル機能を回復できると考えられる。今回の耐火試験結果から、PP 混入 SFRC セグメントは PP 混入の従来品よりも鉄筋純かぶりを少なく設定可能である。また、加熱後のコンクリート強度の残存率が従来品よりも高いことも確認している<sup>1)</sup>。よって、PP 混入 SFRC セグメントは PP 混入従来品よりも覆工厚を薄く設定可能であり、火災後の構造物の健全性も高いといえる。

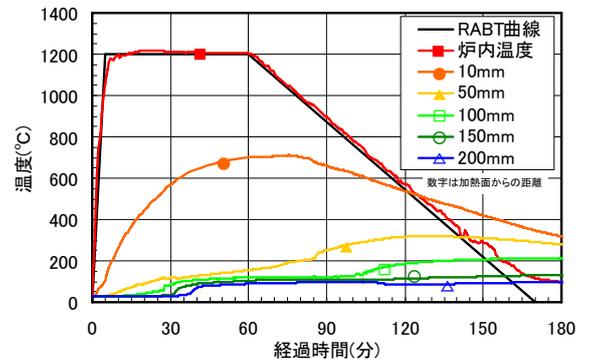


図-6 コンクリート・鉄筋温度履歴(SFRC+PP)

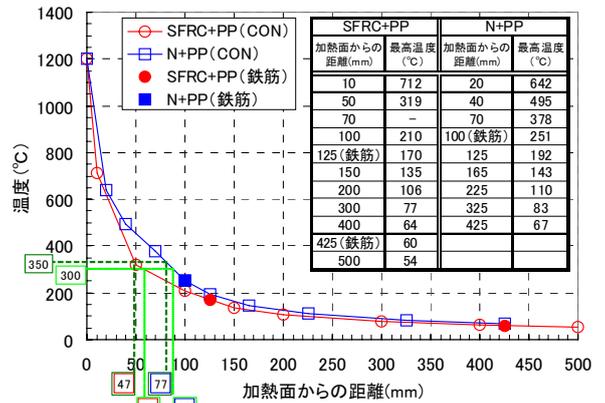


図-7 コンクリート・鉄筋最高温度

4. おわりに

本試験結果より、SFRC セグメントに PP 繊維を混入することにより、爆裂を部分的な剥離程度に抑制できることが確認できた。また、従来品よりも加熱時の最高温度が低く、加熱後の残存強度が高いことから、PP 混入 SFRC セグメントが耐火性においても優位であることが確認できた。今後、さらに改良を行い、加熱時の剥離を全く生じさせない SFRC セグメントの開発を進めている。また、加熱によるコンクリートの劣化部分の補修方法についても確立しており、それについては別途報告する。

参考文献

1) 林,小西,遠藤,近藤,小林:鋼繊維補強高流動コンクリートセグメントの耐火試験,土木学会第 59 回年次学術講演会,2004